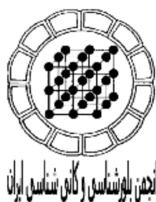
مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

سال بیست و هفتم، شمارهٔ چهارم، زمستان ۹۸، از صفحهٔ ۷۶۷ تا ۷۸۰



بررسی کانی‌سازی، زمین‌شیمی و میانبارهای سیال ذخیره چندفلزی نوع رگه‌ای شلنگ، جنوب غربی کرمان

محمد صالحی تینونی[۱]، علی عابدینی[*۱]، علی اصغر کلاگری[۲]

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه

۲- گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

(دریافت مقاله: ۹۷/۹/۲۴، نسخه نهایی: ۹۷/۱۲/۷)

چکیده: ذخیره چندفلزی نوع رگه‌ای شلنگ (جنوب غربی شهر کرمان) در بخش مرکزی کمربند فلززایی دهج- ساردوئیه قرار دارد. سنگ‌های درونگیر این ذخیره شامل واحدهای توف شیشه‌ای، توف بلوری، آندزیت و داسیت (به سن ائوسن) هستند. دگرسانی‌های وابسته به این ذخیره شامل پهنه‌های پروپلیتی، آرژیلی حد واسط، سیلیسی و کربناتی هستند. کانه‌زایی بیشتر به صورت رگه- رگچه ای در دو مرحله جداگانه درونزاد (کالکوپیریت، پیریت و مگنتیت) و برونزاد (بورنیت، کالکوسیت، مالاکیت، آزوریت و هماتیت) رخ داده است. کانی‌سازی درونزاد نیز در دو دوره مجزا رخ داده است، (۱) در زمان تشکیل رگه/رگچه های کوارتز- سولفید و (۲) هنگام گسترش رگه/رگچه‌های کربنات- سولفید. مقادیر متوسط مس، سرب، روی، طلا و نقره در رگه/ رگچه‌های کانه‌دار به ترتیب ۲/۵ در صد وزنی، ۰/۲۶ در صد وزنی، ۰/۱۶ در صد وزنی، ۱/۳ گرم در تن و ۲۸ گرم در تن هستند. بی‌هنجاری‌های مثبت قوی Eu (۵/۰۳-۱۰/۳۱) و Ce (۱/۴۸-۵/۰۶) به ترتیب نشان دهنده pH قلیایی محیط نهشت و ماهیت احیایی سیال‌های کانسنگ هستند. بررسی‌های ریزدماسنجی میانبارهای سیال در بلورهای کوارتز همزاد با کانی‌های سولفیدی صورت گرفت. میانبارهای سیال مورد بررسی به طور عمده از نوع دو فازی غنی از مایع (L+V) هستند و همه آنها به فاز مایع همگن شده اند. دماهای همگن‌شدگی (Th) به دست آمده در میانبارهای سیال مورد بررسی در گستره ۲۲۶ تا ۳۱۳ درجه سانتی‌گراد تغییر می‌کنند. شوری های میانبارهای مورد بررسی نیز دارای گستره تغییراتی از ۳/۴ تا ۹/۹ درصد وزنی معادل نمک طعام هستند. بر اساس نتایج ریزدماسنجی میانبارهای سیال، جوشش همزمان با سرد شدن سازوکار اصلی در گسترش و تکامل این ذخیره محسوب می‌شود. حضور بافت‌های گل کلمی، شانه‌ای، قشرگون، دانه‌ای، پرمانند، برشی، تیغه‌ای و جانشینی در کانسنگ‌ها، گسترش دگرسانی‌های آرژیلی حدواسط و کربناتی و شوری پایین میانبارهای سیال مورد بررسی، شواهد متقاعد کننده‌ای فراهم می نمایند مبنی بر اینکه ذخیره نوع رگه‌ای شلنگ بیشترین شباهت را به کانسارهای وراگرمایی (اپی‌ترمال) با سولفیدشدگی پایین دارد.

واژه‌های کلیدی: *کانی‌سازی؛ دگرسانی؛ میانبارهای سیال؛ وراگرمایی (اپی‌ترمال) با سولفیدشدگی پایین؛ ذخیره شلنگ؛ دهج- ساردوئیه.*

مقدمه

کمربند فلززایی دهج- ساردوئیه بخش قابل ملاحظه‌ای از فعالیت ماگمایی پهنه ارومیه- دختر را تشکیل می‌دهد (شکل ۱). تاکنون بیش از ۵۰ اثر کانی‌سازی مس به صورت انواع پورفیری و رگه‌ای همراه با عناصری چون مولیبدن، طلا، نقره، سرب و روی در این کمربند شناسایی و گزارش شده است [۱]. فعالیت ماگمایی در این کمربند فلززایی بیشتر مربوط به دوران سنوزوئیک بوده که به ترتیب در ائوسن و الیگومیوسن اغلب به صورت فعالیت‌های آذرین درونی و بیرونی و در پلیوسن به طور محدود به صورت گسترش سنگ‌های آداکیتی عمل نموده است

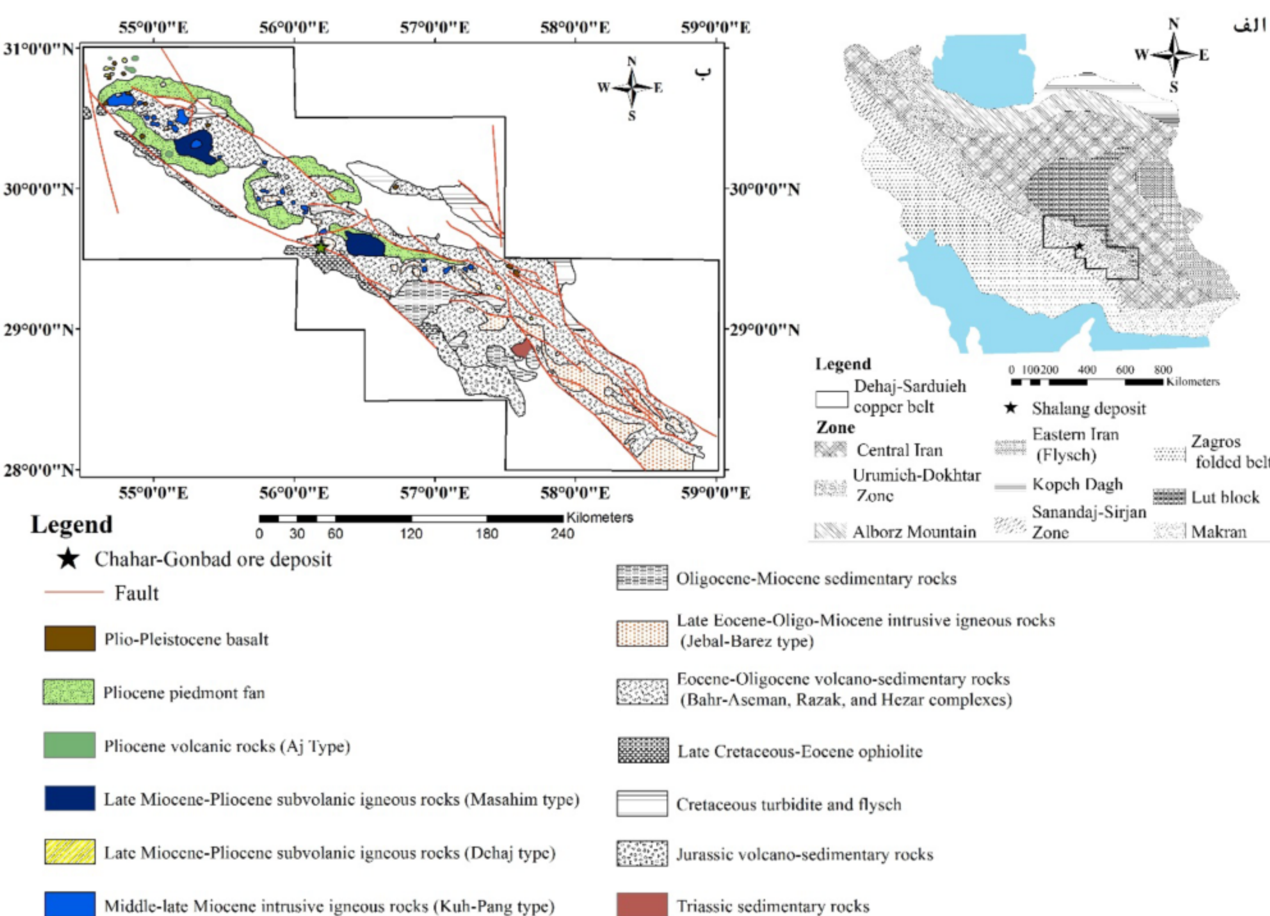
*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۴۴۳۲۹۷۲۱۳۴، نمابر: ۰۴۴۳۲۷۷۶۷۰۷، پست الکترونیکی: a.abedini@urmia.a.c.ir

[DOR: 20.1001.1.17263689.1398.27.4.3.2]

[DOI: 10.29252/ijcm.27.4.767]

[۲]. سریسیتی‌شدن، رسی‌شدن و اپیدوتی‌شدن از دگرسانی‌های رایج گسترش یافته در سنگ‌های آتشفشانی ائوسن در این کمربند محسوب می‌شوند [۳]. افزون بر این، گسترش دگرسانی‌های پتاسیک، سریسیتی و پروپلیتی اغلب در ارتباط با سنگ‌های آذرین درونی الیگو- میوسن است. حضور گوسان‌های هماتیتی، گوتیتی و جاروسیتی از ویژگی‌های بی‌مانند این کمربند فلززایی به شمار می‌آید [۱]. کانسار مس پورفیری سرچشمه رفسنجان و کانسار رگه‌ای (مس- طلا- نقره- بیسموت) چهارگنبد شاخص‌ترین ذخایر شناخته شده در این کمربند هستند [۴].

ذخیره شلنگ یکی از ذخایر چند فلزی نوع رگه‌ای در ناحیه معدنی چهارگنبد است. این ذخیره در فاصله ۱۱۰ کیلومتری جنوب غربی شهر کرمان و در ۷۰ کیلومتری شمال‌شرقی شهر سیرجان واقع است و در بخش مرکزی کمربند فلززایی دهج- ساردوئیه قرار دارد (شکل ۱) [۵]. از نظر جایگاه زمین‌شناسی، این ذخیره در بخش جنوبی برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ چهارگنبد واقع است. با وجود پژوهش‌های تا حدودی جامع پیرامون مسائل زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی، سنگ‌زایی، و کانه‌زایی ناحیه معدنی چهارگنبد [۶-۹]، تاکنون بررسی دقیق و جامعی بر ذخیره چند فلزی شلنگ در این ناحیه معدنی از نظر زمین‌شناسی اقتصادی انجام نشده است. در این پژوهش، براساس شواهد زمین‌شناسی، بررسی‌های کانی‌شناسی و کانه‌نگاری، زمین‌شیمیایی رگه‌های کانه‌دار و بررسی میانبارهای سیال در بلورهای کوارتز همزمان تشکیل شده با کانه‌های سولفیدی اطلاعات جامعی از روند کانی‌سازی، سازوکار تشکیل و نوع ذخیره شلنگ ارائه می‌شود.



شکل ۱ الف: نقشه پهنه‌های ساختاری ایران و جایگاه کمربند دهج- ساردوئیه بر کمان آتش‌فشانی- نفوذی ارومیه- دختر همراه با سنگ‌شناسی ساده شده کمربند دهج- ساردوئیه (بر گرفته از مرجع [۵] با اندکی تغییرات) و جایگاه ذخیره شلنگ بر آن.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1398.27.4.3.2]
[DOI: 10.29252/ijcm.27.4.767]

[DOR: 20.1001.1.17263689.1398.27.4.3.2]
[DOI: 10.29252/ijcm.27.4.767]

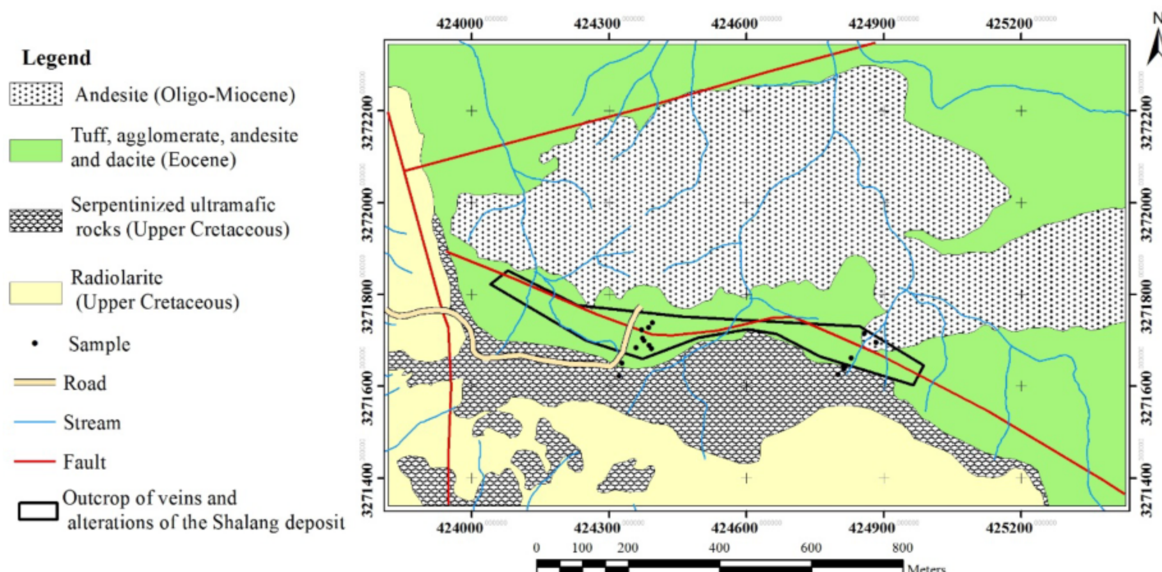
جایگاه زمین شناسی

فعالیت‌های آذرین و پدیده‌های وابسته به آن در کمربند دهج- ساردوئیه کرمان در سه مرحله رخ داده است [۹، ۱۰]. مرحله نخست شامل فعالیت‌های آتش‌فشانی- نفوذی به سن ائوسن- الیگومیوسن بوده که در آن نخستین مرحله کانی‌زایی پورفیری و رگه‌ای رخ داده است. نفوذ سنگ‌های آذرین گرانودیوریتی، گرانیتی، کوارتزمونزونیتی و مونزونیتی الیگومیوسن به درون تشکیلات سنگی قدیمی‌تر با کانی‌سازی نوع پورفیری، رگه‌ای و اسکارنی همراه شده است [۹]. در منطقه معدنی چهارگنبد، با نفوذ باتولیت تخت (گرانیت-گرانودیوریت) به سن الیگومیوسن به درون واحدهای آتشفشانی، کانی‌سازی‌های فلزی و دگرسانی‌های متعددی رخ داده است [۷]. مرحله دوم شامل بر فعالیت‌های آتشفشانی- نفوذی به سن میوسن- پلیوسن است که دومین مرحله کانی‌سازی پورفیری- رگه‌ای (میوسن میانی تا پایانی) در آن رخ داده است. سنگ‌های آندزیتی، داسیتی، ریوداسیتی، مواد آذرآواری و توف‌های ایگنمبریتی توسط توده-های جوان دیوریتی قطع شده‌اند. سرشت نفوذی‌های مربوط به این مرحله از نوع آداکیتی به سن میوسن میانی- پسین است. سرانجام مرحله سوم دایک‌های لامپروفیری و بازالت‌های قلیایی پلیوسن- پلیئستوسن شکل گرفته‌اند.

رخداد و گسترش ذخیره شلنگ در ارتباط با مرحله نخست فعالیت‌های ماگمایی در کمربند دهج- ساردوئیه است. این ذخیره که به صورت رگه- رگچه ای در منطقه گسترش یافته است، از نظر جایگاه زمین‌ساختی بر قوس آتش‌فشانی- آذرین نفوذی ارومیه- دختر قرار دارد (شکل ۱). واحدهای سنگی گستره ذخیره شلنگ شامل واحدهای کرتاسه (واحدهای فرابازی سرپانتینی شده و چرت‌های رادیولاریتی)، واحدهای ائوسن (توف شیشه‌ای، توف بلوری و جریان‌های گدازه‌ای با ترکیب آندزیتی- داسیتی) و واحدهای الیگوسن- میوسن (واحد سنگی آندزیت پورفیری نیمه آتشفشانی) هستند (شکل ۲). رگه- رگچه‌های کانه‌دار به طور عمده در واحدهای ائوسن گسترش یافته‌اند.

روش بررسی

این پژوهش در دو بخش صحرایی و آزمایشگاهی صورت گرفته است. در بخش صحرایی، پیمایش برای نمونه‌گیری از سنگ-های آذرین میزبان کانه‌زایی، رگه‌های کوارتزی- سولفیدی، و پهنه‌های مختلف دگرسانی انجام شد. در بخش آزمایشگاهی، نخست از بین ۶۰ نمونه برداشت شده تعداد ۳۵ نمونه مناسب انتخاب و سپس با تهیه ۲۰ مقطع نازک و ۱۵ مقطع صیقلی، ویژگی‌های میکروسکوپی آنها توسط میکروسکوپ نوری زایس مدل Axioplan2 در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی جنوب خاوری مرکز کرمان بررسی شدند. با توجه به اهمیت بسیار این پژوهش جهت تعیین نوع ذخیره شلنگ، تعداد ۸ نمونه کانسنگی از رگه‌های معدنی به روش طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) برای تعیین مقادیر عناصر به ویژه عناصر کانساری مهم از جمله مس، سرب، روی و نقره در آزمایشگاه زرآزما (زنجان) تجزیه گردیدند. مقادیر Au در نمونه‌های یاد شده نیز به روش عیار سنجی گرمایی تجزیه شدند.



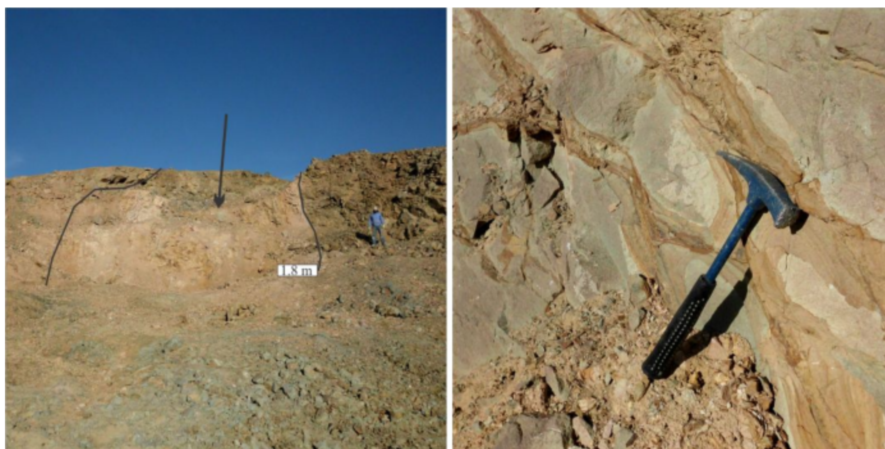
شکل ۲ نقشه زمین‌شناسی گستره ذخیره معدنی شلنگ (برگرفته از مرجع [۶] با اندکی تغییرات).

میانبارهای سیال رگه‌های کوارتزی- سولفیدی شامل کالکوپیریت و پیریت با تهیه ۹ نمونه دوبرصیقل با میکروسکوپ نوری بررسی شدند. پس از بررسی‌های نوری، به منظور ریزدماسنجی و اندازه‌گیری پارامترهای دمایی میانبارهای سیال دو تراشه تهیه و توسط دستگاه گرمایش و سرمایش Linkam مدل THMS600 و میکروسکوپ نوری زایس در آزمایشگاه کانی‌شناسی مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران بررسی گردیدند. واسنجی دستگاه طی عمل گرمایش برابر با ۰٫۶± تا دمای ۴۱۴ درجه سانتی‌گراد با ماده استاندارد نیترات سزیم، و برای سرمایش برابر با ۰٫۲± تا دمای ۹۴٫۳- درجه سانتی‌گراد با مایع استاندارد ان-هگزان انجام شد.

نتایج و بحث

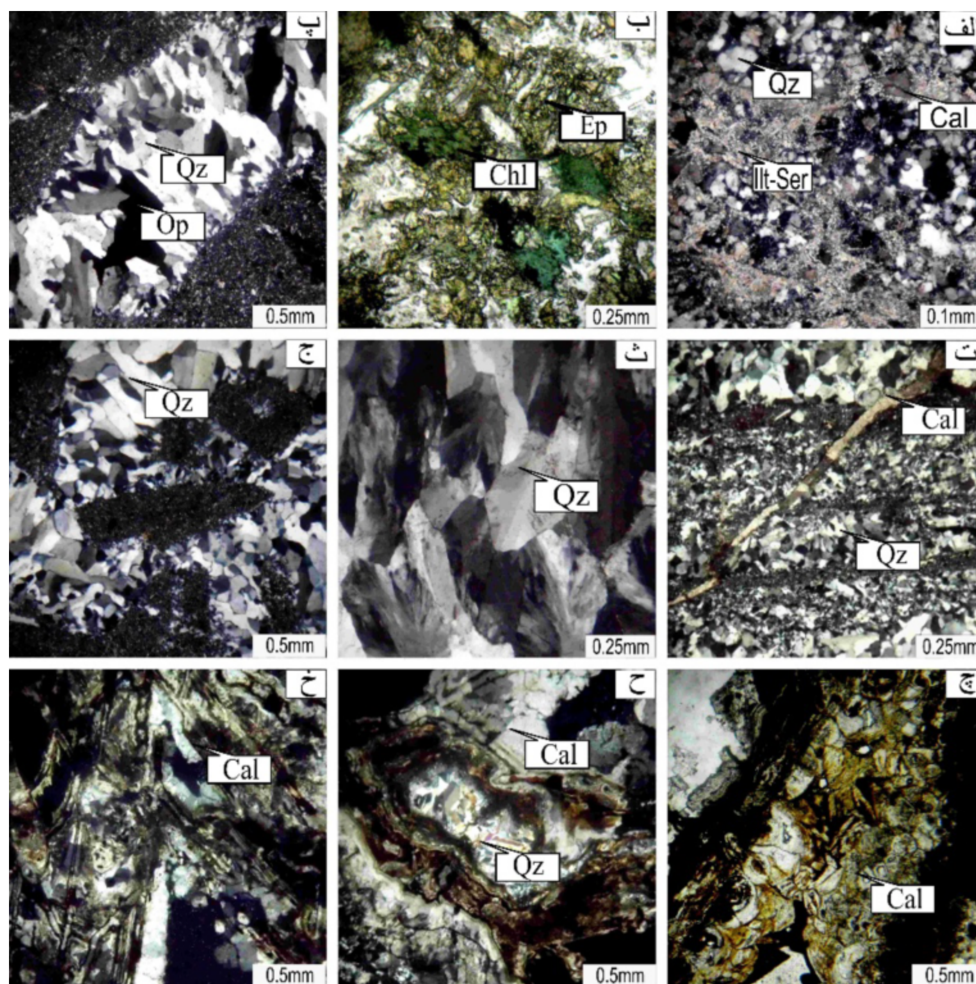
دگرسانی‌های گرمابی

دگرسانی‌های متفاوتی در اثر سیال‌های گرمابی در سنگ‌های درونگیر ذخیره شلنگ رخ داده است. بر اساس روابط بین رگه- رگچه‌های کانه‌زایی شده، دگرسانی‌های گسترش یافته نتیجه دو مرحله تزریق سیال‌های گرمابی هستند. گسترش دگرسانی‌های سیلیسی، آرژیلی حدواسط و پروپلیتی ناشی از سیال‌های گرمابی مرحله نخست هستند. دگرسانی کربناتی پیامد تزریق سیال‌های گرمابی مرحله دوم است که اغلب در اطراف رگه‌های کربناتی شامل سولفید دیده می‌شود. پهنای هاله‌های سیلیسی و آرژیلی حدواسط در اطراف رگه- رگچه‌های کوارتزی- سولفیدی از چند سانتی‌متر تا چندین متر متغیر است (شکل‌های ۳ الف، ب). دگرسانی پروپلیتی به عنوان فراگیرترین نوع دگرسانی در منطقه، سایر پهنه‌های دگرسانی را به صورت هاله‌ای در برگرفته است. پهنه‌بندی‌های دگرسانی در اطراف رگه‌های کانی‌سازی شده از مرکز به سمت لبه‌ها شامل دگرسانی‌های سیلیسی، آرژیلی حدواسط و پروپلیتی هستند. دگرسانی کربناتی بعدی که در اطراف رگه‌های کربنات- سولفید دیده می‌شود، با توجه به حضور آن در اطراف رگه‌های کربناتی دارای سولفید آشکارا از دگرسانی پروپلیتی متمایز است. پهنه دگرسانی سیلیسی از کوارتزهای ریزدانه بیشتر بی‌شکل به همراه مقادیر ناچیزی کانی‌های رسی (ایلیت و کائولینیت) و سولفیدی با بافت انتشاری تشکیل شده است. دگرسانی آرژیلی حدواسط به دلیل جانشینی ایلیت، اسمکتیت، کلسیت و کوارتز به جای فلدسپار و گاهی کلریت به جای هورنبلند ایجاد گردیده است (شکل ۴ الف). دگرسانی پروپلیتی با حضور کانی‌های کلریت، اپیدوت، کلسیت، و مقادیر اندکی سریسیت قابل شناسایی است (شکل ۴ ب). در منطقه مورد بررسی، گسترش پهنه دگرسانی پروپلیتی در سنگ‌های آذرین حدواسط (جریان-های گدازه‌ای آندزیتی) نسبت به سنگ‌های آذرین اسیدی (جریان‌های گدازه‌ای داسیتی) از شدت بیشتری برخوردار است. کربناتی شدن که در آخرین مرحله کانی‌سازی رخ داده و اغلب با رگه‌های کربناتی مرحله آخر تزریق سیال‌های گرمابی در ارتباط است، به واسطه حضور کلسیت و در مقادیر کمتر دولومیت قابل تشخیص است. حضور دگرسانی آرژیلی حدواسط و کربناتی شدن نشان دهنده اثر سیال‌های گرمابی با خاستگاه اغلب جوی، pH اسیدی ضعیف تا قلیایی و Eh احیایی می‌باشد که از ویژگی‌های ذخایر رگه‌ای اپی‌ترمال سولفیداسیون پائین محسوب می‌شوند [۱۱-۱۳].



شکل ۳ ستبرای پهنه‌های دگرسانی با سنگ میزبان توف آندزیتی- داسیتی در ذخیره شلنگ، الف: ضخامت در حد چند سانتی‌متر و ب) ضخامت در حد چند متر.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1398.27.4.3.2]
[DOI: 10.29252/ijcm.27.4.767]



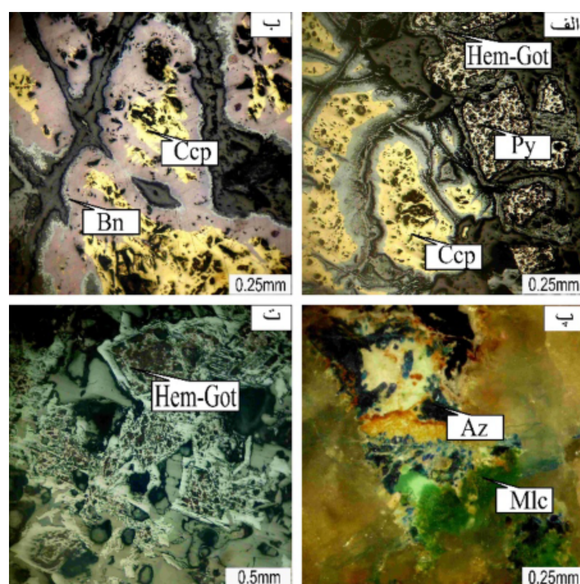
شکل ۴ الف) رخداد دگرسانی آرژیلیک حدواسط با توجه به حضور کانی‌های کلسیت (Cal)، ایلیت- سریسیت (Ilt-Ser) و کوارتز (Qz). (نور xpl)، ب: دگرسانی پروپیلیتی با حضور اپیدوت (Ep) و کلریت (Chl). (نور ppl)، پ) رگه کوارتزی- سولفیدی با بافت شانه‌ای. (نور xpl)، ت) رگه کربناتی دربردارنده کوارتز با بافت قشرگون. (نور xpl) ث) بافت پرمانند (باطله کوارتز). (نور xpl) ج) بافت برشی (قطعاتی از سنگ میزبان در یک زمینه سیلیسی). (نور xpl) چ) بافت گل کلمی به همراه رگه‌های کربناتی. (نور ppl) ح) بافت شانه‌ای و جانشینی کلسیت به جای کوارتز. (نور xpl) و خ) بافت تیغه‌ای به همراه رگه‌های کربناتی. (نور xpl).

کانه‌زایی و کانی‌شناسی

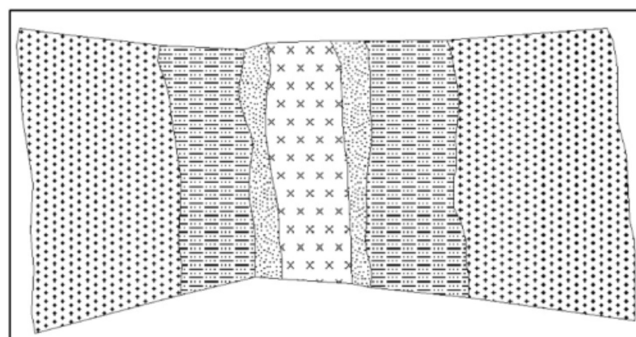
کانی‌سازی در گستره ذخیره شلنگ به دو صورت درونزاد و برونزاد رخ داده است. کانی‌سازی درونزاد را می‌توان با حضور رگه- رگچه‌های کوارتزی- سولفیدی و کربناتی دارای سولفید شناسایی کرد. رگه-رگچه‌های کانی‌سازی شده خواه کوارتز- سولفید یا کربناتی دارای ضخامتی متغیر از ۱ میلی‌متر (اغلب رگچه‌های کربناتی) تا بیش از ۱ متر (عموماً رگه‌های کوارتزی- سولفیدی) هستند. بر اساس روابط بین رگه-رگچه‌ها، کانی- سازی درونزاد نتیجه تزریق سیال‌های گرمابی کانی‌ساز در دو مرحله است. مرحله اول تشکیل رگه- رگچه‌های کوارتز- سولفید (شکل ۴ پ) است که در واقع میزبان کانی‌سازی مس، طلا، نقره، سرب و روی هستند. بافت‌های شانه‌ای، قشرگون، دانه‌ای، پرمانند، و برشی (شکل‌های ۴ پ تا ج) از جمله بافت- های گسترش یافته در ذخیره شلنگ و همراه رگه‌های کوارتزی هستند و از ویژگی‌های ذخایر اپی‌ترمال با سولفیدشدگی پائین به شمار می‌روند [۱۴]. کانی‌های فلزی برآمده از مرحله اول کانی‌سازی درونزاد شامل کالکوپیریت، پیریت، و در مقادیر اندک مگنتیت هستند (شکل ۵ الف). بر اساس شواهد میکروسکوپی، پیریت همزمان و کمی پیش از کالکوپیریت تشکیل شده است. هم‌رشدی پیریت، کالکوپیریت و کوارتز نشانگر ته‌نشست همزمان از یک سیال است. دگرسانی‌های سیلیسی، آرژیلی حدواسط- سریسیتی، و پروپلیتی در ارتباط با

[DOR: 20.1001.1.17263689.1398.27.4.3.2]
[DOI: 10.29252/ijcm.27.4.767]

رگه- رگچه‌های کوارتزی- سولفیدی دیده می‌شوند. در شکل ۶ طرحواره‌ای از چگونگی قرارگیری دگرسانی‌های یاد شده نسبت به رگه- رگچه‌های کوارتزی- سولفیدی نشان داده شده است. رگه- رگچه‌های کربناتی دارای سولفید مرحله دوم، کانی‌سازی ضعیفی از مس را نشان می‌دهند. رگه- رگچه‌های کربناتی در بخش‌هایی آشکارا رگه- رگچه‌های کوارتز- سولفیدی را قطع نموده‌اند (شکل ۴ ت)، به طوری که گاهی جانشینی به جای کوارتز و حتی رگه‌های کوارتزی نیز رخ داده است. بافت جانشینی کلسیت به جای کوارتز که از جمله بافت‌های همراه ذخایر اپی‌ترمال با سولفیدشدگی پائین محسوب می‌شود [۱۵-۱۷]، در این ذخیره آشکارا قابل تشخیص است. بافت‌های گل کلمی، شانه‌ای، تیغه‌ای (شکل‌های ۴ چ، ح، خ) و جانشینی (شکل ۴ح) به همراه رگه- رگچه‌های کربناتی ذخیره شلنگ دیده می‌شوند. کالکوپیریت‌های همراه رگه‌های کربناتی ممکن است در نتیجه خرد شدن کالکوپیریت همراه رگه- رگچه‌های کوارتزی- سولفیدی و تزریق بعدی رگه‌های کربناتی در فضاهای ایجاد شده گسترش یافته باشند.



شکل ۵ کانی‌های فلزی درونزاد و برونزاد ذخیره شلنگ: الف) حضور کالکوپیریت (Ccp) و پیریت (Py) در کانسنگ (کانی‌سازی درونزاد) که در آن هماتیت (Hem) و گوتیت (Got) در حال جانشینی به جای سولفیدهای اولیه هستند (کانی‌سازی برونزاد)، ب) حضور بورنیت (Bn) و کالکوپیریت در نمونه‌های کانسنگی مورد بررسی، پ) کانی‌سازی مالاکیت (Mcl) و آزوریت (Az) در کانسنگ‌های مورد بررسی (کانی‌سازی برونزاد) و ت) حضورر هماتیت و گوتیت با بافت شاخص جعبه‌ای (شاخص پهنه اکسیدی برونزاد) در ذخیره شلنگ. همه تصاویر در نور بازتابی تهیه شده‌اند.



شکل ۶ طرحواره از انواع دگرسانی‌های همراه با رگه‌های کوارتزی کانی‌سازی شده ذخیره شلنگ و چگونگی قرارگیری آنها نسبت به رگه‌ها.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1398.27.4.3.2]
[DOI: 10.29252/ijcm.27.4.767]

مشاهدات میکروسکوپی نشان می‌دهند که کالکوپیریت و پیریت در شرایط برونزاد توسط کانی‌های ثانویه‌ای چون بورنیت، کالکوسیت، مالاکیت، آزوریت، گوتیت و هماتیت جایگزین شده‌اند (شکل ۵ ب). بورنیت با بافت جانشینی لبه‌ای و رگه‌ای، جانشین کالکوپیریت شده و خود گاهی از لبه توسط کالکوسیت جایگزین شده است. مالاکیت و آزوریت به طور پراکنده در متن سنگ و شکستگی‌های سنگ میزبان قابل مشاهده هستند (شکل ۵ پ). آزوریت اغلب پس از مالاکیت و در سیستم‌هایی که دستخوش آب‌زدایی شده‌اند، شکل گرفته است. با ادامه شرایط برونزاد، کانی‌های سولفیدی اولیه و ثانویه دارای آهن توسط گوتیت و هماتیت با بافت شاخص جعبه‌ای جانشین شده‌اند (شکل ۵ ت). شکل ۷ توالی همبری کانیایی ذخیره شلنگ را با توجه به بررسی‌های صحرایی و میکروسکوپی و بر پایه روابط میان کانی‌های فلزی و غیر فلزی نشان می‌دهد.

بررسی‌های زمین‌شیمیایی

نتایج تجزیه‌های شیمیایی عناصر جزئی (به ویژه عناصر فلزی) هشت نمونه از کانسنگ‌های ذخیره شلنگ در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس این نتایج، مقدار مس و آهن در نمونه‌های کانسنگی به ترتیب در گستره ۸۵۲۸ تا ۴۴۷۰۴ و ۲۰۹۶۲ تا ۸۸۸۰۸ گرم در تن (ppm) متغیر است. این در حالی است که مقادیر متوسط عناصر Ag، As، Bi، Mo، Pb، S، Sb، Sn و Zn در نمونه‌های مورد بررسی به ترتیب ۲۸، ۳۰۱، ۲، ۸، ۲۶۴۲، ۷۴۶۱، ۶، ۰/۸ و ۱۶۲۰ گرم در تن (ppm) هستند. بر اساس نتایج بدست آمده، مقدار طلا در کانسنگ‌ها به طور متوسط حدود ۱/۲ گرم در تن است (جدول ۱).

ضرایب همبستگی پیرسون بین عناصر (جدول ۲) نشان می‌دهند که همبستگی مثبت قوی بین K و Al (r = ۰/۹۸) (جدول ۲) در رگه‌های کانه‌زایی شده وجود دارد. این همبستگی بیانگر حضور این دو عنصر در ساختار کانی‌های آلومینو- سیلیکاتی پتاسیم‌دار چون ایلیت و سریسیت است. وجود همبستگی‌های منفی متوسط بین عناصر فلزی با عناصر اصلی (بجز Cd و Sb با Ca) دلیلی بر تفکیک رگه‌های معدنی کانی‌زا از پهنه‌های دگرسانی اصلی از جمله دگرسانی‌های آرژیلی حدواسط و کربناتی است. بر اساس ضرایب همبستگی محاسبه شده (جدول ۲)، عناصر کانساری را می‌توان به دو دسته مجزاء تفکیک نمود.

کانی	سنگ میزبان	کانی‌سازی درونزاد		کانی‌سازی برونزاد
		مرحله اول	مرحله دوم	
پلاژیوکلاز				
هورنبلند				
کوارتز				
اپیدوت				
کلریت				
سریسیت				
ایلیت				
کلسیت				
دولومیت				
پیریت				
کالکوپیریت				
مگنتیت				
بورنیت				
کالکوسیت				
مالاکیت				
آزوریت				
هماتیت				
گوتیت				

شکل ۷ توالی همبری کانیایی (کانسنگ و باطله) برای ذخیره نوع رگه‌ای شلنگ.

جدول ۱ نتایج تجزیه شیمیایی برای برخی از عناصر انتخابی (مقدار طلا بر حسب ppb و مقدار سایر عناصر بر حسب ppm) به همراه حد آشکارسازی عناصر در کانسنگ‌های مورد بررسی ذخیره شلنگ.

	حد آشکارسازی	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6	R-7	R-8	متوسط
Ag	۰٫۱	۳٫۹	۳٫۷	۳٫۸	۴٫۹	۶۱٫۵	۵۳	۵۷٫۸	۳۶٫۷	۲۸٫۱
Au	۵	۹۷	۲۴۴	۳۱	۲۱۰۱	۱۶۰۳	۲۳۴۳	۲۳۴۸	۱۵۷۴	۱۲۹۲٫۶
As	۰٫۱	۵۱٫۸	۳۸۳٫۸	۲۹۷٫۷	۵۷۹	۳۴۸٫۲	۱۹۹٫۴	۳۶۲٫۴	۲۸۹٫۴	۳۰۱٫۴
Bi	۰٫۱	۲٫۴	۱٫۹	۱٫۶	۱٫۱	۲٫۵	۲٫۷	۲٫۶	۱٫۳	۲٫۰
Cu	۱	۱۱۵۸۹	۷۵۰۳	۸۵۲۸	۱۱۶۸۶	۳۹۳۷۷	۴۱۰۵۶	۴۴۷۰۴	۳۷۸۳۲	۲۵۲۸۴
Fe	۱۰۰	۲۴۸۰۱	۲۰۹۶۲	۲۳۷۱۲	۱۵۶۰۷	۸۸۸۰۸	۵۹۳۱۷	۶۴۴۰۸	۵۵۴۲۱	۴۴۱۲۹
Mo	۰٫۱	۱٫۶	۱	۱٫۳	۱٫۶	۱۱	۲۳٫۱	۱۵٫۴	۱۰	۸
Pb	۱	۳۵	۱۶۸	۱۹۳	۷۸	۱۶۰۹۴	۱۴۶	۲۱۱۰	۲۳۱۹	۲۶۴۳
S	۵۰	۲۳۸۳	۱۲۳۹	۱۷۰۵	۳۴۳۶	۳۰۰۰۰	۸۰۹۱	۸۰۶۰	۴۷۷۷	۷۴۶۱
Sb	۰٫۵	۷٫۲	۹٫۵	۷٫۹	۵٫۲	۷	۴٫۳	۶٫۳	۴٫۶	۶٫۵
Sn	۰٫۱	۰٫۷	۰٫۷	۰٫۷	۰٫۷	۱	۰٫۹	۰٫۸	۱	۰٫۸۱
Zn	۱	۱۱۹۳	۱۰۴۴	۱۳۱۵	۲۸۷	۳۴۸۹	۵۹۹	۱۹۶۴	۳۰۶۸	۱۶۲۰
Ba	۱	۸۳	۸۴	۱۰۲	۶۷	۲۹	۶۸	۵۳	۴۵	۶۶
Te	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱۶	۰٫۱	۰٫۱۳	۰٫۴	۱٫۲۵	۰٫۵۴	۰٫۵۹	۰٫۴۰
Cd	۰٫۱	۶	۷٫۱	۷٫۳	۲٫۲	۵٫۲	۲٫۳	۴٫۴	۶٫۱	۵٫۰۷
Al	۱۰۰	۳۲۴۹۷	۳۶۲۹۶	۳۳۴۵۶	۱۶۵۲۸	۱۱۴۳۳	۳۴۹۴۴	۲۷۱۲۶	۱۸۹۶۴	۲۶۴۰۵
Ca	۱۰۰	۲۷۹۵	۲۵۸۱۲	۲۲۹۷	۱۰۸۷	۸۳۵	۱۷۶۹	۹۹۷	۱۵۱۳	۱۷۳۴
K	۱۰۰	۱۲۳۸۲	۱۳۲۹۹	۱۱۸۱۸	۶۳۱۹	۴۳۶۸	۱۴۳۳۰	۱۱۱۱۴	۷۷۶۶	۱۰۱۷۴
Na	۱۰۰	۱۰۰۳	۱۱۰۴	۹۰۱	۴۷۹	۳۹۸	۵۸۳	۵۱۱	۳۸۳	۶۷۰

جدول ۲ ضریب همبستگی پیرسون میان برخی از عناصر درگه‌های کوارتزی کانی‌سازی شده ذخیره شلنگ.

	Al	Fe	Ca	K	Na	S	Cu	Au	Ag	Te	Pb	Zn	Sb	Cd	Bi	Mo	As
Al	۱٫۰۰																
Fe	-۰٫۴۶	۱٫۰۰															
Ca	۰٫۷۹	-۰٫۶۴	۱٫۰۰														
K	۰٫۹۸	-۰٫۳۶	۰٫۷۲	۱٫۰۰													
Na	۰٫۷۹	-۰٫۶۷	۰٫۹۲	۰٫۶۸	۱٫۰۰												
S	-۰٫۶۴	۰٫۸۳	-۰٫۶۲	-۰٫۶۱	-۰٫۵۴	۱٫۰۰											
Cu	-۰٫۳۵	۰٫۹۰	-۰٫۶۷	-۰٫۲۱	-۰٫۷۵	۰٫۷۷	۱٫۰۰										
Au	-۰٫۴۶	۰٫۵۵	-۰٫۸۳	-۰٫۳۲	-۰٫۸۴	۰٫۳۵	۰٫۷۶	۱٫۰۰									
Ag	-۰٫۳۷	۰٫۹۶	-۰٫۶۹	-۰٫۲۴	-۰٫۷۱	۰٫۷۱	۰٫۹۷	۰٫۷۲	۱٫۰۰								
Te	-۰٫۲۳	۰٫۷۴	-۰٫۵۸	-۰٫۰۸	-۰٫۶۷	۰٫۴۱	۰٫۸۸	۰٫۸۰	۰٫۸۵	۱٫۰۰							
Pb	-۰٫۶۸	۰٫۷۶	-۰٫۵۶	-۰٫۶۹	-۰٫۴۷	۰٫۹۷	۰٫۴۵	۰٫۱۹	۰٫۵۹	۰٫۲۷	۱٫۰۰						
Zn	-۰٫۵۸	۰٫۷۴	-۰٫۴۲	-۰٫۵۷	-۰٫۴۷	۰٫۶۶	۰٫۵۵	۰٫۰۸	۰٫۵۷	۰٫۳۲	۰٫۷۶	۱٫۰۰					
Sb	۰٫۳۷	-۰٫۳۳	۰٫۶۳	۰٫۲۳	۰٫۷۷	-۰٫۰۸	-۰٫۶۰	-۰٫۷۷	-۰٫۴۶	-۰٫۶۰	۰٫۰۵	-۰٫۰۲	۱٫۰۰				
Cd	۰٫۲۷	-۰٫۱۸	۰٫۶۶	۰٫۱۵	۰٫۵۷	-۰٫۱۵	-۰٫۳۸	-۰٫۸۳	-۰٫۳۶	-۰٫۴۹	۰٫۰۴	۰٫۳۷	۰٫۷۳	۱٫۰۰			
Bi	۰٫۲۸	۰٫۵۶	۰٫۰۰	۰٫۳۶	۰٫۰۶	۰٫۴۴	۰٫۴۹	۰٫۱۶	۰٫۵۹	۰٫۳۵	۰٫۳۰	۰٫۱۲	۰٫۰۶	-۰٫۱۳	۱٫۰۰		
Mo	-۰٫۰۳	۰٫۷۵	-۰٫۴۷	۰٫۱۲	-۰٫۵۶	۰٫۳۹	۰٫۸۹	۰٫۷۴	۰٫۸۷	۰٫۹۰	۰٫۲۰	۰٫۱۹	-۰٫۶۲	-۰٫۵۳	۰٫۶۰	۱٫۰۰	
As	-۰٫۵۹	-۰٫۰۳	-۰٫۶۹	-۰٫۶۱	-۰٫۵۱	۰٫۱۳	۰٫۰۰	۰٫۴۸	۰٫۰۳	۰٫۱۰	۰٫۱۴	-۰٫۰۴	-۰٫۱۸	-۰٫۴۰	-۰٫۵۳	-۰٫۱۱	۱٫۰۰

عناصر دسته نخست شامل Cu، Fe، Au، Ag، Te، Se، Bi، Mo، Pb، Zn و S هستند. در این گروه، همبستگی‌های مثبت قوی بین Cu، Fe و S (r = ۰٫۷۷-۰/۹۰) با حضور کانی‌های سولفیدی آهن‌دار و آهن- مس‌دار چون پیریت و کالکوپیریت در رگه‌های معدنی ذخیره شلنگ قابل توجیه است. افزون بر این، همبستگی مثبت قوی بین Au، Ag و Te (r =۰٫۷۲ - ۰٫۸۵) بیانگر حضور احتمالی کانی‌هایی چون الکتروم، پتزیت، موتامانیت و سیلوانیت در رگه‌های معدنی کوارتزی- سولفیدی مورد بررسی است. با این حال، با توجه به مقادیر پایین این عناصر در رگه‌های مورد بررسی، حضور این عناصر در ساختار کانی‌های سولفیدی چون کالکوپیریت و پیریت نسبت به حضور الکتروم، پتزیت، موتامانیت و سیلوانیت محتمل‌تر است. همبستگی‌های مثبت قوی بین Au، Ag و Te با Cu (r = ۰٫۸۸-۰٫۹۷) دلیلی بر همزمانی رخداد کانی‌زایی این عناصر در رگه‌های معدنی است. عدم همبستگی‌های معنی-دار و یا منفی بین As با سایر عناصر کانساری گروه نخست و مقادیر نه چندان بالای این عنصر در نمونه‌های مورد بررسی می‌تواند دلیلی بر نبود سولفوسالت‌ها، اورپیمان و رآلگار در کانسنگ‌های ذخیره شلنگ باشد. عناصر کانساری دسته دوم در رگه‌های ذخیره شلنگ شامل Cd و Sb هستند. همبستگی‌های مثبت متوسط Cd- Ca (r = ۰٫۶۳) و Sb با Ca (r=۰٫۶۶) نشانگر رخداد کانی‌زایی عناصر این گروه همراه با کربنات‌ها

[DOR: 20.1001.1.17263689.1398.27.4.3.2]
[DOI: 10.29252/ijcm.27.4.767]

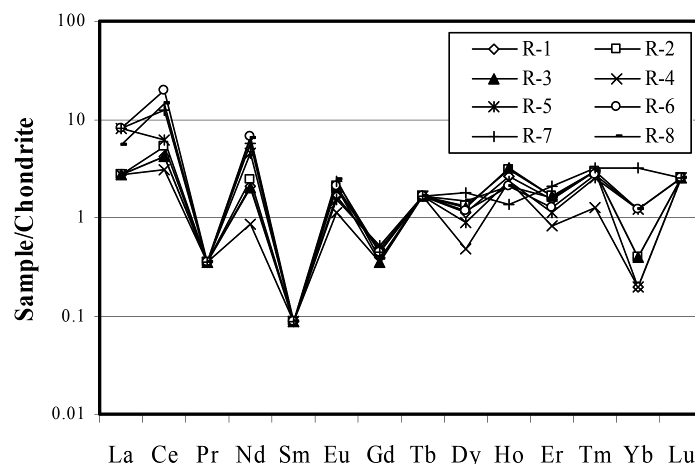
[DOR: 20.1001.1.17263689.1398.27.4.3.2]
[DOI: 10.29252/ijcm.27.4.767]

(شکل‌گیری رگه‌های کربناتی سولفیدار و دگرسانی کربناتی همراه) است.

تجزیه‌های شیمیایی نشان می‌دهند که مقادیر عناصر خاکی نادر (REE) در کانسنگ‌ها در گستره ۱٫۶۲ تا ۲۵٫۷۴ گرم در تن (ppm) متغیر است (جدول ۳). نسبت‌هایی چون $(La/Yb)_N$ و $(LREE/HREE)_N$ در کانسنگ‌ها تغییراتی به ترتیب گستره ۲٫۵۳ تا ۳۳٫۷۸ و ۱٫۲۷ تا ۸٫۰۹ را به نمایش می‌گذارند. الگوی توزیع REE بهنجار شده به کندریت [۱۸] نشانگر جدایش و غنی‌شدگی نسبتاً ضعیف عناصر خاکی نادر سبک (LREE) نسبت به عناصر خاکی نادر سنگین (HREE) در کانسنگ‌ها است. این جدایش و غنی‌شدگی به نسبت ضعیف با رخداد بی‌هنجاری‌های مثبت قوی Eu و Ce در کانسنگ‌ها همراه است (شکل ۸). محاسبه مقادیر کمّی مقادیر بی‌هنجاری‌های Eu و Ce با استفاده از روابط $Eu/Eu^* = 2Eu_N/(Sm_N + Gd_N)$ و $Ce/Ce^* = 2Ce_N/(La_N+Pr_N)$ (N بهنجار شدن عناصر به کندریت را نشان می‌دهد) آشکار می‌کند که گستره تغییرات برای این دو بی‌هنجاری به ترتیب ۵٫۰۳ تا ۱۰٫۳۱ و ۱٫۴۸ تا ۵٫۰۶ است (جدول ۳).

جدول ۳ نتایج تجزیه شیمیایی عناصر خاکی نادر (بر حسب گرم در تن) به همراه حد آشکارسازی آنها در کانسنگ‌های انتخابی از ذخیره شلنگ.

	حد آشکارسازی	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6	R-7	R-8
La	۱	۱	۱	۱	۱	۳	۳	۳	۲
Ce	۰٫۵	۴	۵	۴	۳	۶	۱۹	۱۲	۱۴
Pr	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۵
Nd	۰٫۵	۱٫۵	۱٫۷	۱٫۴	۰٫۶	۳٫۲	۴٫۸	۴	۴٫۶
Sm	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۰۲
Eu	۰٫۰۵	۰٫۱۵	۰٫۱۸	۰٫۱۸	۰٫۱۰	۰٫۱۴	۰٫۱۹	۰٫۲۱	۰٫۲۲
Gd	۰٫۰۵	۰٫۱۵	۰٫۱۴	۰٫۱۱	۰٫۱۱	۰٫۱۶	۰٫۱۴	۰٫۱۴	۰٫۱۲
Tb	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱
Dy	۰٫۰۲	۰٫۴۲	۰٫۴۹	۰٫۴۸	۰٫۱۸	۰٫۳۴	۰٫۴۴	۰٫۶۹	۰٫۵۵
Ho	۰٫۰۳	۰٫۲۱	۰٫۲۵	۰٫۲۶	۰٫۱۹	۰٫۱۹	۰٫۱۷	۰٫۱۱	۰٫۱۷
Er	۰٫۰۵	۰٫۳۹	۰٫۴۲	۰٫۴۲	۰٫۲۱	۰٫۲۸	۰٫۳۲	۰٫۵۳	۰٫۴
Tm	۰٫۱	۰٫۱۲	۰٫۱۲	۰٫۱۲	۰٫۰۵	۰٫۱۰	۰٫۱۱	۰٫۱۳	۰٫۱۲
Yb	۰٫۰۵	۰٫۰۲	۰٫۱۰	۰٫۱۰	۰٫۰۲	۰٫۳۰	۰٫۳۰	۰٫۸۰	۰٫۳۰
Lu	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱
LREE	-	۱٫۱۲	۵٫۷۲	۶٫۹۵	۵٫۶۵	۳٫۷۷	۹٫۴۱	۲۴٫۰۶	۱۶٫۲۸
HREE	-	۰٫۵	۱٫۵۴	۱٫۷۲	۱٫۶۹	۰٫۹۹	۱٫۵۷	۱٫۶۸	۲٫۶۰
REE	-	۱٫۶۲	۷٫۲۶	۸٫۶۷	۷٫۳۴	۴٫۷۶	۱۰٫۹۸	۲۵٫۷۴	۱۸٫۸۸
Ce/Ce*	-	۲٫۷۲	۳٫۴۰	۲٫۷۲	۲٫۰۴	۱٫۴۸	۴٫۶۸	۲٫۹۵	۵٫۰۶
Eu/Eu*	-	۵٫۸۴	۷٫۴۳	۹٫۰۵	۵٫۰۳	۵٫۱۶	۷٫۸۴	۸٫۶۶	۱۰٫۳۱
$(La/Yb)_N$	-	۳۳٫۷۸	۶٫۷۶	۶٫۷۶	۲۷٫۰۳	۶٫۷۶	۶٫۷۶	۲٫۵۳	۴٫۵۰
$(LREE/HREE)_N$	-	۱٫۲۷	۲٫۱۰	۲٫۲۸	۱٫۸۹	۲٫۱۵	۳٫۳۹	۸٫۰۹	۳٫۵۴



شکل ۸ الگوی توزیع REE بهنجار شده به کندریت [۱۸] در نمونه‌های مربوط به رگه‌های کوارتزی کانی‌سازی شده شلنگ.

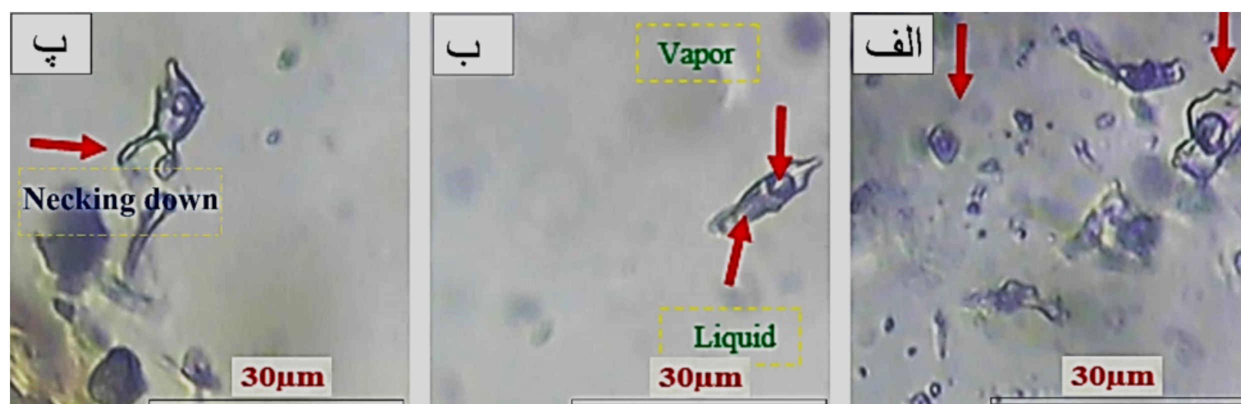
رخداد بی‌هنجاری‌های مثبت قوی Eu در کانسنگ‌ها می‌تواند نشانگر شرایط محیط نهشت کانسنگ باشد. از اینرو، به نظر می‌رسد که رخداد بی‌هنجاری مثبت Eu در کانسنگ‌های شلنگ با ماهیت احیایی سیال‌های کانسنگ‌ساز و رخداد بی‌هنجاری مثبت Ce با pH قلیایی محیط نهشت و یا پائین بودن گریزندگی اکسیژن در سیستم گرمابی در ارتباط باشد [۱۹، ۲۰]. این ویژگی‌ها از مشخصات بارز کانسارهای اپی‌ترمال با سولفیدشدگی پایین به شمار می‌روند.

بررسی میانبارهای سیال

از بررسی رگه‌های کانه‌دار و مقاطع نازک و صیقلی مشخص شد که بلورهای کوارتز حاضر در رگه- رگچه‌های کوارتزی-سولفیدی به دلیل همزاد بودن با کانه‌های سولفیدی برای مطالعه میانبارهای سیال مناسب هستند. بر اساس نتایج سنگ‌نگاری، دو نمونه با کیفیت مناسب برای ریزدماسنجی انتخاب و از آنها تعداد ۲۶ میانبار سیال بررسی شدند. این بررسی‌ها به ترتیب شامل سنگ‌نگاری، تعیین انواع میانبارها (اولیه و ثانویه)، رده‌بندی زایشی، تهیه عکس‌های مناسب و آزمایش‌های سرمایش و گرمایش بودند.

سنگ‌نگاری میانبارهای سیال: بررسی‌های میکروسکوپی نشانگر حضور میانبارهای سیال اولیه به صورت نامنظم با اندازه‌های متوسط (شکل‌های ۹ الف و ب)، شکل‌های چندضلعی نامنظم و کشیده و تعدادی سیال‌های ثانویه در راستا شکستگی‌های درون بلورهای کوارتز هستند. پدیده باریک‌شدگی (Necking-down) در برخی از میانبارهای سیال دیده می‌شود (شکل ۹ پ). بر اساس بررسی‌های سنگ‌نگاری، این میانبارهای سیال از نوع اولیه و از نظر محتوای فازی بیشتر از نوع دوفازی مایع-گاز (L+V) هستند (شکل ۹ ب) و درجه پرشدگی [۲۱] آنها اغلب در گستره ۷۰٪-۶۰ تغییر می‌کند و به ندرت به ۸۰٪ نیز می‌رسد. با این حال، تعداد کمی میانبار سیال دوفازی گاز- مایع (V+L) و تک‌فاز گازی نیز دیده شدند، اما به دلیل کوچک بودن اندازه از آنها ریزدماسنجی شدند.

بررسی‌های ریزدماسنجی: یافته‌های ریزدماسنجی میانبارهای سیال در بلورهای کوارتز موجود در رگه- رگچه‌های کوارتزی- سولفیدی در دو مرحله سرمایش و گرمایش بدست آمده‌اند که نتایج به دست آمده در جدول ۴ ارائه شده‌اند. نقطه همگذاری (Te) (نخستین نقطه ذوب) بدست آمده اغلب در گستره حدود ۳۰ – ^{o}C ۳۸- هستند که نشان می‌دهد که سیالات گرمابی افزون بر نمک طعام شامل مقادیری از نمک های محلول دیگر مثل $MgCl_2$ و $FeCl_2$ نیز بوده‌اند [۲۱]. بر اساس نتایج بدست آمده، دمای آخرین نقطه ذوب یخ (Tm_{ice}) در گستره ۲- تا ۳/۷- درجه سانتی‌گراد در سیستم H_2O-NaCl متغیر است که با مقادیری از شوری در گستره ۳٫۳۹ تا ۹٫۸۶ (میانگین ۶٫۲۴) درصد وزنی معادل نمک طعام متناظر هستند [۲۲] (شکل ۱۰). طی مرحله گرمایش، همه میانبارهای سیال مورد بررسی به فاز مایع همگن شده‌اند. دماهای همگن‌شدگی این میانبارها در گستره ۲۲۶ تا ۳۱۳ (میانگین ۲۷۱٫۱۹) درجه سانتی‌گراد متغیر بوده‌اند (شکل ۱۰).

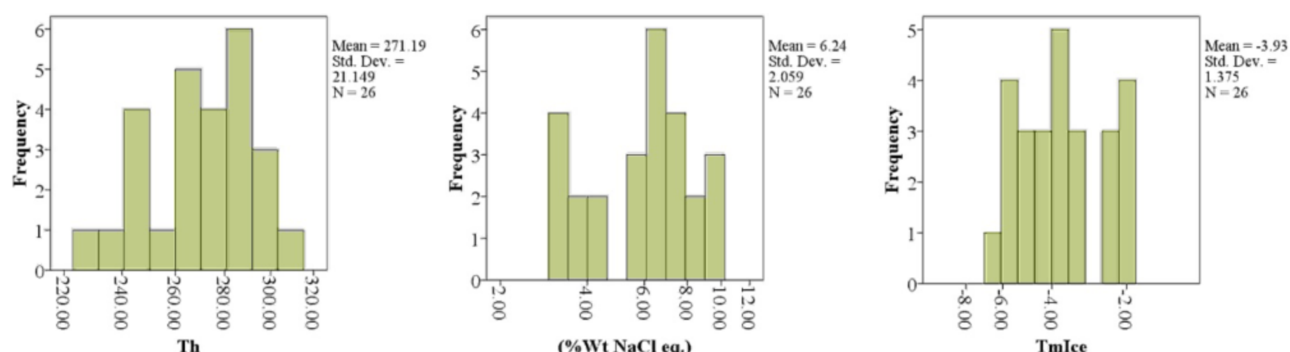


شکل ۹ الف و ب) میانبارهای سیال دو فازی (L+V) و پ) رخداد پدیده باریک‌شدگی در برخی از میانبارهای سیال مورد بررسی رگه‌های کوارتزی ذخیره شلنگ.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1398.27.4.3.2]
[DOI: 10.29252/ijcm.27.4.767]

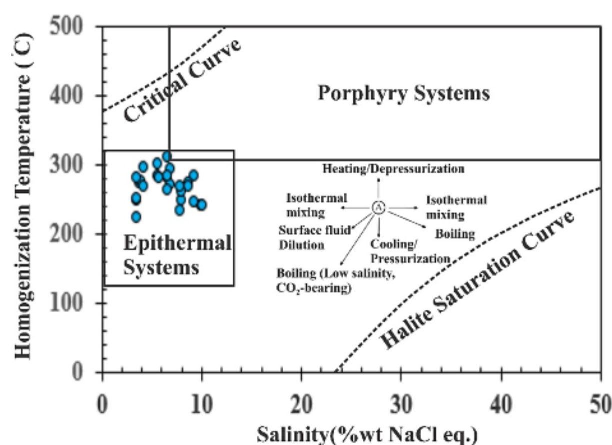
جدول۴ نتایج ریزدماسنجی سیال‌های درگیر در بلورهای کوارتز که بصورت همزاد با کانه‌های سولفیدی در رگه- رگچه‌های ذخیره شلنگ تشکیل شده‌اند. همه میانبارهای سیال مورد بررسی از نوع دوفازی غنی از مایع (L+V) و از نظر همبرزادی از نوع اولیه بوده‌اند. (Te = دمای نخستین ذوب یخ (نقطه همگذاری)، Tm_{ice} = دمای ذوب آخرین تکه یخ و $Th_{(L-V)}$ = دمای همگن شدگی).

نمونه	n	اندازه (μm)	Te(ºC)	Tm_{ice} (ºC)	NaCl (wt%)	$Th_{(L-V)}$, ºC
R-3	۱	۶	-۳۰ تا -۳۸	-۴	۶٫۴۵	۲۸۲
	۲	۱۰		-۴٫۲	۶٫۷۴	۲۹۶
	۳	۱۰		-۳٫۴	۵٫۵۶	۲۸۶
	۴	۵		-۳٫۴	۵٫۵۶	۳۰۳
	۵	۷		-۳٫۵	۵٫۷۱	۲۸۲
	۶	۶		-۲٫۲	۳٫۷۱	۲۷۵
	۷	۹		-۲	۳٫۳۹	۲۵۰
	۸	۱۲		-۲٫۳	۳٫۸۷	۲۷۷
	۹	۱۸		-۴	۶٫۴۵	۳۱۳
	۱۰	۱۰		-۲٫۵	۴٫۱۸	۲۹۷
	۱۱	۹		-۲	۳٫۳۹	۲۸۳
	۱۲	۲۰		-۴٫۲	۶٫۷۴	۲۷۳
R-7	۱	۱۰		-۴	۶٫۴۵	۲۶۶
	۲	۱۰		-۶	۹٫۲۱	۲۸۴
	۳	۵		-۵٫۵	۸٫۵۵	۲۷۵
	۴	۷		-۵	۷٫۸۶	۲۵۰
	۵	۱۸		-۲	۳٫۳۹	۲۵۲
	۶	۸		-۶٫۵	۹٫۸۶	۲۴۲
	۷	۹		-۶	۹٫۲۱	۲۴۸
	۸	۵		-۲	۳٫۳۹	۲۲۶
	۹	۲۰		-۵	۷٫۸۶	۲۳۵
	۱۰	۱۲		-۲٫۵	۴٫۱۸	۲۶۹
	۱۱	۱۰		-۴	۶٫۴۵	۲۸۵
	۱۲	۱۷		-۵٫۵	۸٫۵۵	۲۷۰
	۱۳	۲۰		-۵	۷٫۸۶	۲۶۲
	۱۴	۱۸		-۴٫۵	۷٫۱۷	۲۷۰



شکل ۱۰ توزیع فراوانی دمای آخرین ذوب یخ، شوری، و دمای همگن‌شدگی سیال‌های درگیر در میانبارهای سیال مورد بررسی در رگه‌های کوارتزی کانی سازی شده شلنگ.

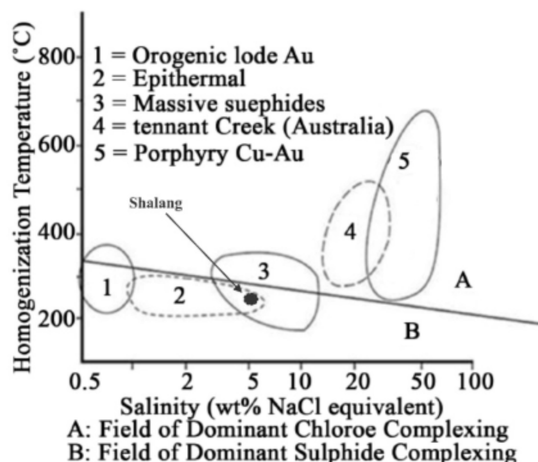
نمودارهای ستونی مربوط به توزیع فراوانی دمای آخرین نقطه ذوب یخ، شوری و دمای همگنی در میانبارهای سیال مورد بررسی دو جمعیت تقریباً مجزا را به نمایش می‌گذارند. از آنجا که همه میانبارهای سیال مورد بررسی اولیه بوده و مربوط به رگه-رگچه‌های کوارتزی-سولفیدی هستند، لذا قرارگیری آنها در دو جمعیت متفاوت ممکن است ناشی از جوشش سیال‌های کانه ساز در زمان کانی‌سازی باشد. نقاط مربوط به یافته‌های ریزدماسنجی در نمودار شوری نسبت به دمای همگن شدگی یک روند خطی نشان می دهد (شکل ۱۱) که از نظر تکاملی می تواند مربوط به رویداد جوشش (هر چند خفیف و کوتاه مدت) باشد. بطور کلی، حضور رگه- رگچه های متقاطع، کلسیت‌های تیغه‌ای، میانبارهای سیال دو فازی غنی از گاز و تک فاز گازی و روند تکاملی یافته‌های ریزدماسنجی می‌توانند نشانه‌هایی از جوشش سیال‌های کانه‌ساز باشند [۲۳، ۲۴].



شکل ۱۱ الگوی تغییرات میانبارهای سیال مورد بررسی در نمودار دومتغیره دمای همگن‌شدگی نسبت به شوری [۲۶] همراه با مسیرهای نظری تغییرات شوری و دمای همگنی برای تعیین سازوکار تشکیل ذخایر مختلف فلزی [۲۶]، و جایگاه میانبارهای سیال مورد بررسی ذخیره شلنگ بر آن [۲۶].

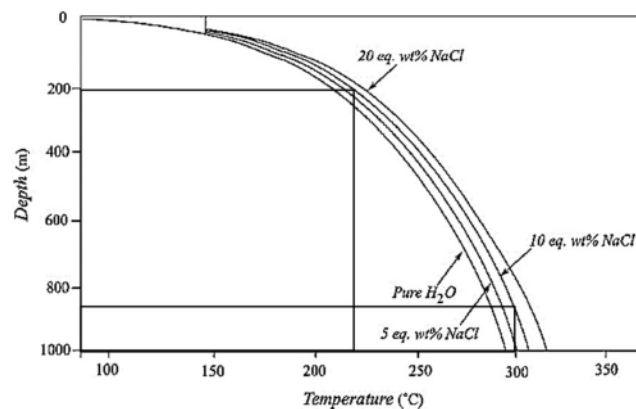
نمودارهای دومتغیره دمای همگنی نسبت به شوری (شکل ۱۲) [۲۳، ۲۵] نیز بیانگر نوع اپی‌ترمال بودن ذخیره شلنگ و نقش مؤثر کمپلکس‌های بی‌سولفیدی در انتقال فلزات طی تشکیل و گسترش آن هستند. شوری پایین سیال‌های کانسنگ‌ساز یکی از ویژگی‌های بارز ذخایر اپی‌ترمال با سولفیدشدگی پائین محسوب می‌شود [۱۲، ۲۱، ۲۳].

برآورد عمق، فشار و چگالی میانبارهای سیال: در یک سیال گرمابی کانه‌ساز، در صورتی که فرایند جوشش به عنوان عامل مؤثر در ته نشست فلزات عمل نماید، دیگر نیازی به تصحیح فشار نبوده و دمای همگنی معادل دمای به دام افتادن است [۲۱، ۲۶]. در این صورت می‌توان با استفاده از نمودار عمق نسبت به دمای همگنی [۲۷] (شکل ۱۳)، عمق به دام افتادن میانبارهای سیال را بدست آورد. با توجه به مقادیر شوری (کمتر از ۱۰٪) و دماهای همگنی که در گستره ۲۲۶-۳۱۳ (میانگین ۲۶۷) درجه سانتی‌گراد متغیر هستند، فشارهای هیدرواستاتیک مربوط به کانه‌زایی در ذخیره شلنگ در گستره ۳۰ تا ۸۲ (میانگین ۶۰) بار برآورد شد که متناظر با اعماق ۳۰۰ تا ۸۲۰ (میانگین ۶۰۰) متر از سطح ایستابی سفره آب‌های زیر زمینی و مشابه اعماق تشکیل اغلب ذخایر اپی‌ترمال است [۲۸]. با توجه به شکل ۱۴، چگالی‌های برآورد شده برای سیال-های عامل کانی‌سازی در ذخیره شلنگ در گستره ۰٫۷۵ تا ۰٫۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب هستند که از این نظر نیز مشابه ذخایر اپی‌ترمال بوده و بیانگر شوری به نسبت کم سیال‌های کانی‌ساز هستند.

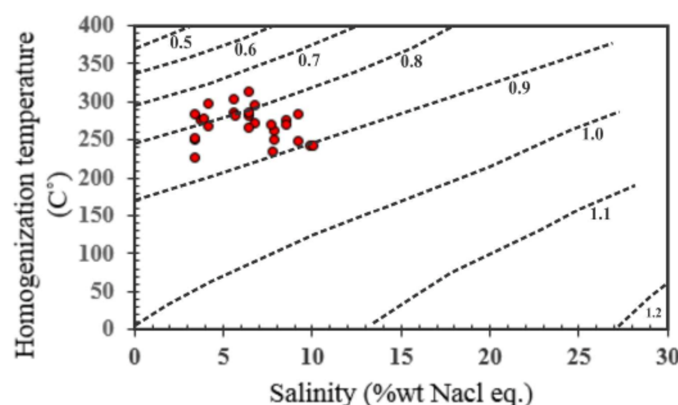


شکل ۱۲ جایگاه برخی از ذخایر گرمابی معمولی دنیا از جمله ذخایر مس- طلای پورفیری و اپی‌ترمال در نمودار دومتغیره دمای همگنی نسبت به شوری که بر آن نوع کمپلکس‌های حمل کننده فلزات نشان داده شده است [۲۳، ۲۵] که بر اساس این نمودار نوع کمپلکس‌های حامل فلزات در منطقه شلنگ بی‌سولفیدی است.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1398.27.4.3.2]
[DOI: 10.29252/ijcm.27.4.767]



شکل ۱۳ نمودار دومتغیره عمق نسبت به دمای همگن‌شدگی [۲۸] به همراه گستره دمای همگنی میانبارهای سیال مورد بررسی در ذخیره شلنگ.



شکل ۱۴ توزیع فراوانی داده‌های میانبارهای سیال مورد بررسی در نمودار دومتغیره دمای همگن شدگی نسبت به شوری [۲۶].

برداشت

مهمترین نتایج به دست آمده از بررسی‌های کانی‌شناسی، زمین‌شیمیایی و بررسی‌های میانبارهای سیال ذخیره نوع رگه-ای شلنگ عبارتند از:

۱- کانه‌زایی درونزاد (کالکوپیریت، پیریت و مگنتیت) و برونزاد (بورنیت، کالکوسیت، مالاکیت، آزوریت و هماتیت) در ذخیره نوع رگه‌ای شلنگ (جنوب غربی شهر کرمان) در واحدهای توف شیشه‌ای، توف بلوری، آندزیت و داسیت به سن ائوسن رخ داده است.

۲- رخداد بی‌هنجاری مثبت Eu در کانسنگ‌ها آشکارا ماهیت احیایی سیال‌های کانسنگ‌ساز را طی رگه‌های کانه‌دار منطقه شلنگ نشان می‌دهد.

۳- رخداد بی‌هنجاری مثبت Ce در نمونه‌های مربوط به رگه-های کانه‌زا نشانگر شرایط pH قلیایی محیط نهشت و یا کاهش گریزندگی اکسیژن در سیستم گرمابی طی تشکیل این ذخیره است.

۴- براساس شواهدی چون گسترش بافت‌های شانه‌ای، قشرگون، دانه‌ای، پرمانند، برشی ، تیغه‌ای و جانشینی کلسیت به جای کوارتز، حضور پهنه‌های دگرسانی آرژیلی حد واسط و کربناتی، مقادیر بی‌هنجاری‌های Eu و Ce و شوری پایین میانبارهای سیال می‌توان ذخیره نوع رگه‌ای شلنگ را در زمره کانسارهای اپی‌ترمال با سولفیدشدگی پایین قرار داد.

۵- بررسی میانبارهای سیال نشان می‌دهد که جوشش همزمان با سرد شدن سازوکار مهم و موثر طی گسترش رگه‌های کانی سازی شده شلنگ است و کمپلکس‌های بی‌سولفیدی نقش مهمی در انتقال فلزات طی تشکیل و گسترش این ذخیره ایفا نموده‌اند.

قدردانی

نگارندگان این مقاله از حمایت‌های معاونت پژوهشی دانشگاه ارومیه برخودار بوده‌اند، که بدین وسیله نهایت سپاس خود را از مسؤولین مربوطه اعلام می‌دارند. نگارندگان همچنین از نظرات و پیشنهادات سازنده داوران محترم مجله سپاسگزاری می-نمایند.

مراجع

[1] Aftabi A., Atapour H., *"Regional aspects of shoshonitic volcanism in Iran",* Episodes 23 (2000) 119-125.

[2] Ghorbani M., *"The economic Geology in Iran: Mineral Deposits and Natural Resources",*

Springer Science Business Media, Dordrecht (2013) 1-581.
[3] Salehi M., "*Investigation of lithogeochemical haloes in the Chahar-Ghonbad Cu-Au ore deposit, Sirjan*", Ms.C. Thesis, University of Shahid Bahonar, Kerman, Iran (2012) 216p (in Persian).
[4] Sjerp N., Issakhanian V., Brants A., "*The geological environment of the Chahar Gonbad copper mine: A study In Tertiary copper mineralization*", Geological survey of Iran, Report 16 (1969) 1-64.
[5] Alimohammadi M., Alirezaei S., Ghaderi, M., Kotak, D. J., "Shahabpour J., "*The geology, petrogenesis and geological setting of the volcanic and plutonic rocks from Daraloo and Sarmoshk porphyry copper deposits, south Kerman copper belt, Iran*", Geosciences 25 (2016) 159-170 (in persian).
[6] Khan-Nazer N. H., "*Geological map of the Chahar-Ghonbad (1:100000 scale)*", Geological Survey of Iran (1994).
[7] Fazlnia A., "*Petrography and petrology of the Chahar-Ghonbad intrusive masses*", Ms.C. Thesis, University of Shahid Bahonar, Kerman, Iran (2000) 180p (in Persian).
[8] Atapour H., "*Geochemical evolution and metallogeny of potassium rich igneous rocks in the Dehaj-Sarduieh volcano-polutonic belt, Kerman province, with emphasize to special elements*", Ph.D. Thesis, University of Shahid Bahonar, Kerman, Iran (2007) 401p (in Persian).
[9] Dimitrijevic M. D., "*1:100000 geological map of Chahar Gonbad*", Geological Survey of Iran (1973).
[10] Atapour H., Aftabi A., "*Geochemistry and metallogeny of calcalkaline, shoshonitic and adakiic igneous rocks associated with porphyry Cu-Mo and vein type deposits of Dehaj-Sarduieh volcano-plutonic belt, Kerman*", Geosciences 18 (2009) 161-172 (in persian).
[11] White N. C., Hedenquist J. W., "*Epithermal gold deposit styles, characteristics and expoloration*", Published in SEG Newsletter 23 (1995) 9-13.
[12] Robb L., "*Intruduction to ore forming processes*", Blackwell publishing (2005) 1-373.
[13] Pirajno F., "*Hydrothermal processes and mineral systems*", Springer (2009) 1-1243.
[14] Dong G., Morrison G., Jaireth S., "*Quartz textures in epithermal veins, Queensland-Classification, origin, and implication*", Economic Geology 90 (1995) 1841-1856.
[15] Robert F., Poulen K. H., Dube B., "*Gold deposits and their geological classification*", Proceeding of exploration 97: Fourth decennial International conference on mineral exploration, (1997) 209-220.
[16] Sillitoe S. H. and Hedenquist J. W., "*Linkages between volcano-tectonic setting, Ore fluid composition and precious metal deposits*", Economic Geology 10 (2003) 315-343.
[17] Robert F., Brommecker R., Bourne B. T., Dobak P. J., McEwan C. J., Rowe R. R., Zhou X., "*Models and exploration methods for major gold deposit types*", Proceedings of Exploration 07: Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration" edited by B. Milkereit (2007) 691-711.
[18] Taylor Y., McLennan S. M., "*The continental crust: Its composition and evolution*", 1st ed. Oxford, UK: Blackwell.
[19] Sverjensky D. M., "*Europium redox equilibrium in aqueous solutions*", Earth and Planetary Science Letters 67 (1984) 70-78.
[20] Bau M., "*Rare earth element mobility during hydrothermal and metamorphic fluid-rock interaction and the significance of the oxidation state of europium*", Chemical Geology 93 (1991) 219-230.
[21] Shapherd T. J., Rankin A. H., Alderton D. H. M., "*A practical guide to fluid inclusion studies*", Blackie, Glasgow, (1985) 1-239.
[22] Bodnar, R. J., "*Revised equation and table for determining the freezing point depression of H_2O-NaCl soulations*", Geochimica et Cosmochimica Acta 57 (1993) 683-684.
[23] Corbett G., "*Epithermal gold for explorationists: AIG*", Journal of Applied Geoscientific practice and research in Australian Paper 1 (2002) 1-29.
[24] Wilkinson J. J., "*Fluid inclusion in hydrothermal ore deposits*", Lithos 55 (2001) 229-272.
[25] Large R. R., Bull S. W., Cooke D. R., Mc Goldrick P. J., "*A Genetic model for the HYC deposit, Australia, based on regional sedimentology, geochemistry and sulfide-sediment relationship*", Economic Geology 93 (1998) 1345-1368.
[26] Roedder E., Bodnar R. J., "*Geologic pressure determinations from fluid inclusions studies*", Earth and Planetary Sciences 8 (1980) 263-301.
[27] Haas J. L., "*The effect of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure*", Economic Geology 66 (1971) 940-946.
[28] Bodnar R. J., Lecumberrii Sanchez P., Moncada D., Steele-Maclnnis M., "*Fluid inclusion in hydrothermal ore deposits*", Treatise on Geochemistry, Second Edition 13 (2014) 119-142 .